

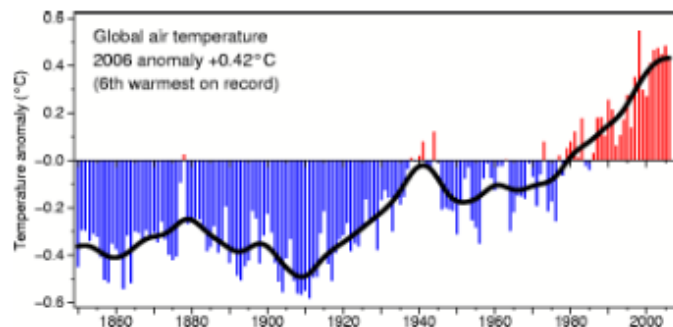
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

1.1.1 Latar Belakang

Pemanasan global selalu menjadi *trending topic* perbincangan hampir seluruh masyarakat di dunia. Isu-isu hangat terkait pemanasan global seakan tidak pernah habis. Pemanasan global sangat diperhatikan oleh dunia karena membawa dampak yang sangat luar biasa di bumi. Suhu permukaan bumi setiap tahunnya mengalami tren peningkatan (lihat Gambar 1.1). Salah satu penyebab terjadinya pemanasan global berdasarkan beberapa penelitian adalah *Urban Heat Island* (UHI) atau pulau bahang (panas) perkotaan. UHI dianalogikan sebagai “pulau” yang memiliki suhu permukaan udara panas terpusat pada area *urban* dan akan semakin turun suhunya pada daerah *suburban* / rural di sekitarnya.



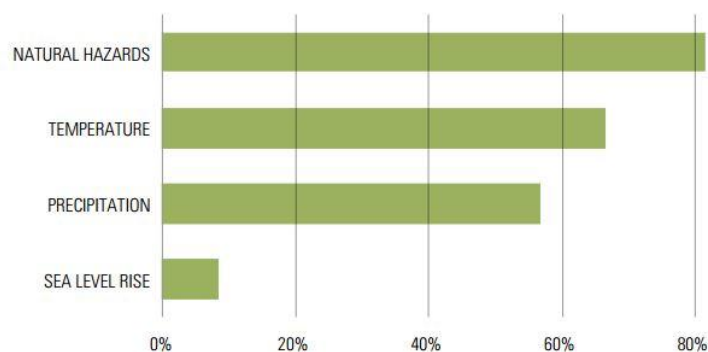
Gambar 1.1 Grafik Suhu Permukaan Global Menunjukkan Tren Pemanasan

Sumber: (www.cru.uea.ac.uk)

Menurut EPA (*Environmental Protection Agency*) pada tahun 2005, fenomena UHI ini adalah permasalahan utama dalam setiap kota berkembang di dunia terhadap pemanasan global. Permasalahan ini pun didukung dengan semakin tingginya proses urbanisasi di suatu kota yang seakan tidak pernah berhenti. Urbanisasi yang dikatakan sebagai fenomena penduduk perdesaan yang berpindah ke daerah perkotaan menyebabkan banyak bangunan dan gedung baru serta terjadinya konversi lahan terbuka ke lahan terbangun yang diperlukan untuk mendukung berbagai kegiatan manusia (Limas & et al, 2014).

Pembangunan infrastruktur yang cukup masif pada perkembangan suatu kota sering tidak mempedulikan keseimbangan ekosistem dan kualitas lingkungan. Perubahan penggunaan lahan yang tidak terkontrol dalam perkembangan suatu kota mengubah iklim mikro dalam suatu kota. Kondisi suhu udara di perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara di sekelilingnya akibat perkembangan kota tersebut. Pada siang hari yang panas suhu udara di kota bisa lebih tinggi sekitar 3-10 °C dibandingkan dengan suhu udara di sekitarnya (Khomarudin, 2004).

Kajian terkait UHI sangat penting karena UHI sangat memengaruhi kualitas udara, memengaruhi kesehatan manusia dan memengaruhi penggunaan energi. Suhu permukaan pada fenomena UHI merupakan salah satu faktor terbesar penyebab perubahan iklim dan *global warming* (lihat Gambar 1.2). Beberapa efek negatif dari UHI antara lain adalah kematian ratusan orang pada musim panas yang diakibatkan oleh gelombang panas di daerah perkotaan, pengurangan kualitas air dalam perkotaan akibat polusi dari panas berlebihan, dan peningkatan pemakaian listrik sebesar 5-6 %. Akibat pemakaian listrik yang meningkat, mendorong penambahan penggunaan bahan bakar fosil yang menyebabkan timbulnya pemanasan global (Limas & et al, 2014).



Gambar 1.2 Faktor Penyebab Perubahan Iklim Global pada Perkotaan

Sumber: (Carmin & et al, 2012)

UHI dapat diekstraksi dari citra penginderaan jauh dengan menurunkan data suhu permukaan lahan atau *Land Surface Temperature* (LST). Peta UHI dapat dihasilkan dengan memodifikasi persamaan yang disampaikan oleh Rajasekar & Weng (2009) dan memasukkan persamaan yang disampaikan oleh Ma, et al (2010).

Jika diaplikasikan pada citra penginderaan jauh, untuk memperoleh peta UHI didapat dengan mengurangi nilai suhu permukaan pada citra dengan nilai reratanya yang telah ditambah setengah dari standar deviasi yang didapatkan pada statistik citra yang digunakan (Jatmiko, 2015).

Vegetasi dapat menjadi indikator dari dinamika suhu permukaan yang ada di area perkotaan. Semakin banyak tutupan vegetasi maka LST akan semakin dingin dan sebaliknya (Jatmiko, 2015). Kondisi meteorologi pada umumnya juga mengakibatkan besarnya efek UHI (Oke, 2000). UHI maksimum di bawah kondisi tutupan awan yang minim (intensitas matahari tinggi), kecepatan angin rendah (percampuran udara berkurang) dan stabilitas vertikal yang tinggi (inversi termal).

Proses ekstraksi suhu permukaan lahan dari citra penginderaan jauh dalam hal ini citra Landsat 8, menggunakan perhitungan algoritma matematika. Salah satu algoritma yang akurat dan sering digunakan dalam beberapa penelitian adalah *Split Window Algorithm* (SWA). SWA membutuhkan *band* 10 dan *band* 11 serta *band* 4 dan *band* 5 dari citra Landsat 8 untuk menyajikan informasi suhu permukaan lahan.

Kota Yogyakarta adalah salah satu kota besar di Indonesia yang mengalami fenomena UHI. Kota Yogyakarta dan wilayah perkotaan di sekitarnya merupakan daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan terus mengalami penambahan penduduk (lihat Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Data Kependudukan Kota Yogyakarta dan Sekitarnya 2010-2014

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Laju Pertumbuhan Penduduk (%)	Luas (km ²)	Kepadatan penduduk (jiwa / km ²)
2010	973.586		82,58	11.801
		0,9		
2011	982.316			11.907
		0,8		
2012	989.963			12.000
		1,1		
2013	1.011.778			12.264
		2,2		
2014	1.023.382			12.405

Sumber: (DIY dalam Angka, 2014)

Perkembangan Kota Yogyakarta terus meningkat dari waktu ke waktu baik secara vertikal maupun horizontal. Pembangunan infrastruktur dan bangunan pun terus meningkat di kota tersebut dengan berbagai dinamika perubahan penggunaan lahan. Perkembangan wilayah perkotaan tidak hanya secara administratif pada Kota Yogyakarta. Namun juga berkembang menular ke daerah sekitarnya meliputi sebagian Kecamatan Gamping, Mlati, dan Depok yang masuk dalam Kabupaten Sleman, serta sebagian Kecamatan Kasihan, Sewon, dan Banguntapan yang masuk ke dalam Kabupaten Bantul.

Tren parameter UHI di Kota Yogyakarta mengalami perubahan dari tahun ke tahun (lihat pada Tabel 1.2). Perubahan UHI tersebut membawa dampak perubahan iklim dan pemanasan global pada wilayah kajian. Hal ini akan mengakibatkan suhu rata-rata lebih panas di daerah *urban* daripada di daerah *nonurban*. Efek ini disebabkan oleh sedikitnya taman, area hutan, ruang terbuka hijau, vegetasi, sungai, aliran air, dan ruang *nonurban* lainnya (Tursilowati, 2013).

Efek pemanasan global tidak dapat dihindari dan dihilangkan. Namun pemanasan global dapat dikendalikan dengan berbagai tindakan yang membawa keseimbangan bagi ekosistem dan kualitas lingkungan berdasarkan pengamatan spasial UHI pada wilayah kajian tersebut. Pengamatan spasial UHI dapat menunjukkan iklim mikro secara detail yang menjelaskan bagaimana tingginya variasi suhu permukaan lahan untuk mitigasi efek UHI.

Tabel 1.2 Tren Perubahan Parameter UHI di Kota Yogyakarta 2013-2014

Parameter	Juni 2013	September 2013	Maret 2014	Mei 2014
1. Kerapatan Vegetasi		Turun	Turun	Naik
2. Suhu Permukaan Lahan		Naik	Naik	Turun

Sumber: (Jatmiko, 2015)

Berdasarkan pada latar belakang permasalahan di atas maka peneliti terinspirasi untuk melakukan penelitian dengan judul, “Analisis *Urban Heat Island* untuk Pengendalian Pemanasan Global di Kota Yogyakarta Menggunakan Citra Penginderaan Jauh.”

1.1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana persebaran spasial LST dan UHI di Kota Yogyakarta?
- 2) Bagaimana pengendalian pemanasan global di Kota Yogyakarta berdasarkan analisis persebaran spasial UHI?

1.1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka dapat dirumuskan tujuan penelitian sebagai berikut:

- 1) Memetakan persebaran spasial LST dan UHI di Kota Yogyakarta.
- 2) Merumuskan rekomendasi pengendalian pemanasan global di Kota Yogyakarta berdasarkan analisis persebaran spasial UHI.

1.1.4 Kegunaan Penelitian

Adapula manfaat yang ingin dituju dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Memanfaatkan citra penginderaan jauh dan sistem informasi geografi untuk memetakan LST dan UHI pada wilayah kajian.
- 2) Memberikan wawasan terkait persebaran spasial LST dan UHI serta pengendalian pemanasan global pada wilayah kajian.
- 3) Menjadi pedoman bagi masyarakat sekitar dan pemerintah dalam upaya pengendalian dan mitigasi pemanasan global berdasarkan persebaran spasial UHI pada wilayah kajian.

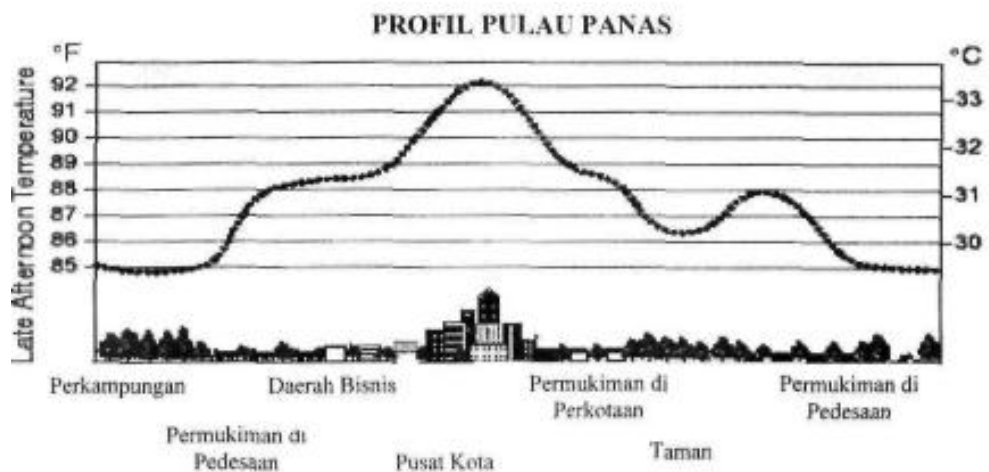
1.2 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.2.1 Telaah Pustaka

1.2.1.1 *Urban Heat Island* (UHI)

Urban heat island (UHI) atau pulau bahang (panas) perkotaan adalah isoterm tertutup yang menunjukkan daerah permukaan yang relatif hangat, paling sering daerah yang paling sering dikaitkan aktivitas manusia seperti pada pembangunan kota (American Meteorological Society, 2000). Definisi lain lebih menekankan kepada efek dari UHI sebagai suhu yang lebih hangat di daerah perkotaan dibandingkan dengan lingkungan pedesaan disekitarnya (Oke, 2000). Berdasarkan kedua definisi di atas dapat diperjelas bahwa UHI merupakan perbedaan suhu udara pada daerah perkotaan dan daerah perdesaan.

UHI ialah suatu fenomena atau kejadian peningkatan suhu udara di wilayah perkotaan dibandingkan dengan daerah sekitarnya hingga mencapai 3-10 °C. Fenomena ini terjadi karena perubahan penggunaan lahan dari vegetasi menjadi daerah beraspal, beton, lahan terbangun, dan lahan terbuka nonvegetasi. UHI secara jelas dapat dilihat pada Gambar 1.3 berikut ini (Khomarudin, 2004).



Gambar 1.3 Suhu udara di UHI dan daerah sekitarnya

Sumber: (Khomarudin, 2004)

UHI terbentuk jika sebagian vegetasi digantikan oleh aspal dan beton untuk jalan, bangunan, dan infrastruktur lain yang diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan dan pertumbuhan populasi manusia. Permukaan yang tergantikan tersebut lebih banyak menyerap panas matahari dan juga lebih banyak memantulkannya, sehingga mengakibatkan suhu permukaan naik (Khomarudin, 2004).

Penutupan lahan tidak berpengaruh secara khusus terhadap suhu sebab baik lahan terbangun, lahan terbuka, vegetasi, maupun tubuh air memiliki nilai albedo masing-masing. Albedo adalah perbandingan tingkat sinar matahari yang datang ke permukaan dengan yang dipantulkan kembali ke atmosfer. Albedo setiap jenis permukaan menentukan rona suhu yang ditangkap oleh satelit hingga menghasilkan kenampakan suhu.

Faktor yang berpengaruh terhadap perbedaan suhu tersebut terdiri dari faktor yang bisa dikendalikan oleh manusia, meliputi desain dan struktur kota (bahan bangunan, ruang terbuka hijau, dan *sky view factor*), jumlah populasi (menentukan panas antropogenik), dan faktor yang tidak bisa dikendalikan oleh manusia berupa musim, tutupan awan, dan dinamika atmosfer (Wicahyani & et al, 2013).

Aktivitas manusia yang menjadi sumber emisi bahan pencemar penentu UHI adalah transportasi, industri, sampah, konsumsi energi domestik. Secara garis besar sumber-sumber tersebut dibagi menjadi aktivitas rumah tangga, lalu lintas, dan industri. Selain menghasilkan bahan pencemar, aktivitas manusia juga menghasilkan panas yang memberi efek pada peningkatan suhu, yaitu panas antropogenik. Panas dari aktivitas manusia lebih banyak terjadi di perkotaan karena umumnya memiliki pemukiman, sarana transportasi, dan kawasan industri yang lebih padat daripada di daerah pedesaan (Wicahyani & et al, 2013).

Fenomena UHI yang meluas akan menyebabkan peningkatan ketidaknyamanan kehidupan manusia, sehingga manusia membutuhkan pendingin seperti AC, kipas angin yang berdampak pemborosan energi listrik dan polusi, dan menyebabkan *green house effect* (efek rumah kaca).

United States Environmental Protection Agency (US EPA) membedakan antara UHI permukaan dan UHI atmosfer (US EPA, 2008). Penelitian UHI menggunakan penginderaan jauh hanya mendapatkan analisis UHI permukaan, butuh mengetahui hubungan antara nilai suhu pada citra dengan suhu udara sesungguhnya jika dihubungkan dengan UHI atmosfer. Dasar pemikirannya bahwa energi matahari diserap dan dipancarkan kembali ke atmosfer oleh fitur fisik lahan. Hal ini dianggap sebagai faktor utama dalam pemanasan kedua suhu permukaan dan udara, terutama di lapisan kanopi, yang paling dekat dengan permukaan.

Pendekatan penginderaan jauh dapat digunakan untuk menghasilkan nilai UHI, akan tetapi bukan UHI atmosfer, melainkan *urban heat island* permukaan. Data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra suhu permukaan yang telah terkoreksi.

1.2.1.2 Pemanasan Global

Pemanasan global (*global warming*) ialah proses peningkatan suhu rerata atmosfer, laut, dan daratan bumi. Suhu rerata global pada permukaan bumi telah meningkat $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ($1.33 \pm 0.32^{\circ}\text{F}$) selama seratus tahun terakhir. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyimpulkan bahwa, "sebagian besar peningkatan temperatur rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca."

Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan bumi dan akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan bumi. Hal tersebut terjadi berulang-ulang dan mengakibatkan suhu rata-rata tahunan bumi terus meningkat.

Gas-gas tersebut berfungsi sebagaimana kaca dalam rumah kaca (*green house*). Semakin meningkatnya konsentrasi gas-gas ini di atmosfer, semakin banyak panas yang terperangkap di bawahnya. Sebenarnya, efek rumah kaca ini sangat dibutuhkan oleh segala makhluk hidup yang ada di bumi, karena tanpanya, planet ini akan menjadi sangat dingin.

Bumi dengan temperatur rata-rata sebesar 15°C (59°F) sebenarnya telah lebih panas 33°C (59°F) dengan efek rumah kaca (tanpanya suhu bumi hanya -18°C sehingga es akan menutupi seluruh permukaan bumi). Akan tetapi saat ini jumlah gas-gas tersebut telah berlebih di atmosfer, sehingga mengakibatkan terjadinya pemanasan global.

Kontributor terbesar pemanasan global saat ini adalah karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), Nitrogen Oksida (NO) dari pupuk, dan gas-gas yang digunakan untuk kulkas dan pendingin ruangan (CFC). Setiap gas rumah kaca memiliki efek pemanasan global yang berbeda-beda. Beberapa gas menghasilkan efek pemanasan lebih parah dari CO₂. Molekul metana menghasilkan efek pemanasan 23 kali dari molekul CO₂. Molekul NO menghasilkan efek pemanasan sampai 300 kali dari molekul CO₂. Gas-gas lain seperti *chlorofluorocarbons* (CFC) ada yang menghasilkan efek pemanasan hingga ribuan kali dari CO₂.

Peningkatan suhu rerata global diperkirakan akan mengakibatkan perubahan yang lain seperti naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi (turunnya air dari atmosfer, misal hujan, salju). Akibat pemanasan global yang lain adalah terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser, dan punahnya berbagai jenis hewan. Sebagian besar negara-negara di dunia telah menandatangani dan meratifikasi Protokol Kyoto, yang mengarah pada pengurangan emisi gas-gas rumah kaca.

Protokol Kyoto adalah kesepakatan internasional Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC atau FCCC), yang ditujukan untuk melawan pemanasan global. UNFCCC adalah perjanjian lingkungan hidup internasional dengan tujuan mencapai stabilisasi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang akan mencegah gangguan antropogenik yang berbahaya dengan sistem iklim. Protokol Kyoto awalnya diadopsi pada tanggal 11 Desember 1997 di Kyoto, Jepang. Protokol Kyoto mulai berlaku pada tanggal 16 Februari 2005. Pada April 2010, 191 negara telah menyetujui Protokol Kyoto.

Peran Pemerintah Indonesia dalam menanggapi perubahan iklim yang disebabkan globalisasi patut untuk menjadikan perhatian. Sejatinya pemerintah Indonesia telah meratifikasi Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang perubahan iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change / UNFCCC*) dan Protokol Kyoto dengan Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994 dan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2004.

Kesadaran mengenai pentingnya upaya penanganan isu perubahan iklim dan kaitannya dengan keberhasilan pembangunan ekonomi belum mendalam dan meluas ke semua jajaran, baik pemerintah maupun masyarakat umum. Indonesia mulai bergerak lebih aktif di forum-forum internasional, khususnya sejak 2002 ketika ikut serta dalam persiapan dan menjadi pemimpin Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Pembangunan Berkelanjutan di Johannesburg, Afrika Selatan, dan terutama menjelang persiapan COP-13 di Bali, Desember 2007.

Bentuk keseriusan pemerintah Indonesia terhadap isu perubahan iklim dan lingkungan kemudian menelurkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH). Berdasarkan UU tersebut pemerintah beserta segenap instrumennya berkewajiban untuk turut menjaga, bertanggungjawab, dan bertindak responsif terkait isu-isu yang bersentuhan langsung dengan eksistensi lingkungan hidup.

1.2.1.3 *Land Surface Temperature (LST)*

Land Surface Temperature (LST) atau suhu permukaan lahan ialah keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah (Becker & Li, 1990). LST merupakan fenomena penting dalam perubahan iklim global. Seiring meningkatnya kandungan gas rumah kaca di atmosfer, maka LST juga akan meningkat. Hal ini akan mengakibatkan mencairnya gletser dan lapisan es dan memengaruhi vegetasi daerah tersebut. Dampaknya akan lebih banyak di daerah monsun, karena curah

hujan tidak dapat diprediksi mengakibatkan banjir dan kenaikan permukaan air laut (Rajeshwari & Mani, 2014).

LST dapat diartikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda. (Faridah & Krisbiantoro, 2014). LST adalah salah satu kunci parameter di berbagai studi lingkungan pada disiplin-disiplin ilmu yang berbeda, seperti geologi, hidrologi, ekologi, oseanografi, meteorologi, klimatologi, dan lain-lain (Jiménez-Muñoz & Sobrino, 2008).

LST termasuk salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan dan merupakan variabel klimatologis yang utama. LST mengendalikan fluks energi gelombang panjang yang melalui atmosfer. Besarnya LST tergantung pada kondisi parameter permukaan lainnya, seperti albedo, kelembaban permukaan dan tutupan serta kondisi vegetasi. Oleh karena itu, pengetahuan tentang distribusi spasial LST dan keragaman temporalnya penting bagi pemodelan aliran yang akurat antara permukaan dan atmosfer (Prasasti & et al, 2007).

Kenaikan LST juga memengaruhi kondisi iklim daerah monsun yang menyebabkan curah hujan yang tidak terduga. Vegetasi di seluruh permukaan bumi akan terpengaruh oleh hal tersebut. Penggunaan lahan (*landuse*) dan penutup lahan (*landcover*) dari suatu daerah dapat digunakan untuk memperkirakan nilai suhu permukaan lahan. Kegiatan alam dan antropogenik mengubah penggunaan lahan dan penutup suatu daerah. Hal tersebut juga memengaruhi LST daerah tersebut. Sebagai nilai perubahan iklim lokal, LST adalah fenomena yang penting untuk diselidiki. Oleh karena itu, banyak peneliti yang telah menghitung LST menggunakan berbagai algoritma dan teknik (Rajeshwari & Mani, 2014).

Selama ini perolehan data suhu dilakukan dengan menggunakan alat termometer yang dipasang di permukaan tanah untuk mendapatkan nilai suhu permukaan tanah. Suhu dapat pula diukur dengan menggunakan termometer yang dipasang di dalam sangkar cuaca untuk mendapatkan

suhu udara permukaan. Data suhu tersebut masih bersifat lokal dan setempat. Oleh karena itu, untuk mendapatkan data suhu yang bersifat lebih regional diperlukan data suhu yang dikumpulkan dari beberapa stasiun cuaca (Prasasti & et al, 2007).

Pengumpulan data suhu dari beberapa stasiun cuaca mengurangi ketelitian data. Selain itu, pengolahan data tersebut akan memakan banyak waktu jika tidak ada moda pengiriman atau transmisi data secara *real time* antarstasiun cuaca. Oleh karena itu, pengumpulan data suhu permukaan lahan akan jauh lebih mudah jika menggunakan data satelit penginderaan jauh, di antara kelebihanannya adalah ruang lingkup yang diamati cukup luas dan daerah yang mungkin sulit dijangkau serta keefektifan waktu. Data atau citra dari satelit penginderaan jauh diolah dengan berbagai koreksi untuk mendapatkan hasil yang layak. Data satelit tersebut harus diolah menggunakan berbagai formula yang sesuai untuk dapat menurunkan nilai suhu permukaan lahan yang baik (Guntara, 2015).

Citra Landsat 8 dapat diolah dengan pemrosesan citra digital untuk mendapatkan informasi suhu permukaan lahan. Informasi suhu permukaan lahan dapat diturunkan dari Landsat 8 melalui dua salurannya yaitu *band* 10 dan *band* 11. Kedua saluran tersebut terlebih dahulu perlu dikonversi dari nilai DN (*Digital Number*) menjadi nilai ToA (*Top of Atmosphere Radiance*). Setelah keduanya dikonversi menjadi nilai ToA *Radiance*, kemudian masing-masing diubah menjadi nilai *brightness temperature* (suhu kecerahan) dalam Kelvin (USGS, 2013).

Banyak algoritma yang didesain oleh para peneliti untuk mengestimasi LST, seperti *Split Window Algorithm* (SWA), *Dual Angle Algorithm* (DAA), dan *Single Channel Algorithm* (SCA). Berdasarkan ketiga algoritma tersebut yang terpopuler adalah metode *Split Window Algorithm* (SWA) yang dicetus oleh Prof. Jose Antonio Sobrino dari University of Valencia, Spanyol pada tahun 1996 dan disempurnakan pada tahun 2008 (Latif, 2014).

Sebelum adanya satelit Landsat, sulit untuk memperkirakan LST suatu daerah. Umumnya, dihitung untuk satu set tertentu titik sampel dan diinterpolasi ke isotherm untuk menggeneralisasi data titik menjadi data daerah. Sekarang dengan munculnya satelit dan sensor resolusi tinggi memungkinkan untuk memperkirakan LST secara spasial. Hal tersebut dapat dihitung pada daerah yang direkam dengan sensor inframerah termal oleh satelit. Landsat 8 hadir dengan dua sensor yang berbeda, yaitu sensor OLI dengan sembilan *band* (*band* 1-9) dan sensor TIRS dengan dua *band* (*band* 10 dan *band* 11) (Rajeshwari & Mani, 2014).

SWA adalah formula matematika dinamis yang mampu menyajikan informasi suhu permukaan lahan. SWA membutuhkan nilai *brightness temperature* yang diturunkan dari nilai TOA *Reflectance band* 10 (inframerah termal) dan *band* 11 (inframerah termal) pada sensor TIRS citra Landsat 8 serta nilai LSE (*land surface emissivity* / emisivitas permukaan lahan) yang diturunkan dari nilai FVC (*fractional vegetation cover* / pecahan tutupan vegetasi) dari *band* 4 (merah) dan *band* 5 (inframerah dekat) pada sensor OLI citra Landsat 8 untuk mengestimasi suhu permukaan lahan. (Latif, 2014).

1.2.1.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah suatu teknik untuk mengumpulkan informasi terkait objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik (Lo, 1996). Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek, daerah, atau gejala yang dikaji (Lillesand & Kiefer, 1990).

Data penginderaan jauh memiliki sifat geospasial, artinya area dan objek yang diamati memiliki referensi terhadap lokasi geografisnya di dalam sistem koordinat geografis. Oleh karena itu, data tersebut dapat ditemukan lokasinya pada sebuah peta (Khorram & et al, 2012).

Menurut Jensen (2005, dalam Khorram & et al, 2012) menjelaskan bahwa data penginderaan jauh juga dapat dianalisis bersamaan dengan data geospasial lainnya, seperti wilayah administrasi, jaringan transportasi atau informasi kependudukan. Hal tersebut semakin menegaskan betapa bermanfaatnya data penginderaan jauh sebagai sumber data untuk sistem informasi geografis (SIG). Sistem informasi geografis (SIG) merupakan kumpulan dari *hardware* dan *software* komputer, data geografis, dan operator yang dirancang untuk merangkum, menyimpan, memutakhirkan, memanipulasi, dan menganalisis secara efisien seluruh bentuk informasi yang memiliki referensi geografis.

Penginderaan jauh membutuhkan media supaya objek atau gejala di permukaan bumi dapat diamati dan didekati tanpa melalui kontak langsung. Media tersebut berupa citra (*image* atau gambar). Citra dapat diperoleh melalui perekaman fotografi yaitu pemotretan dengan kamera atau dapat pula diperoleh melalui perekaman nonfotografi yaitu pemindaian atau penyiaman (*scanner*).

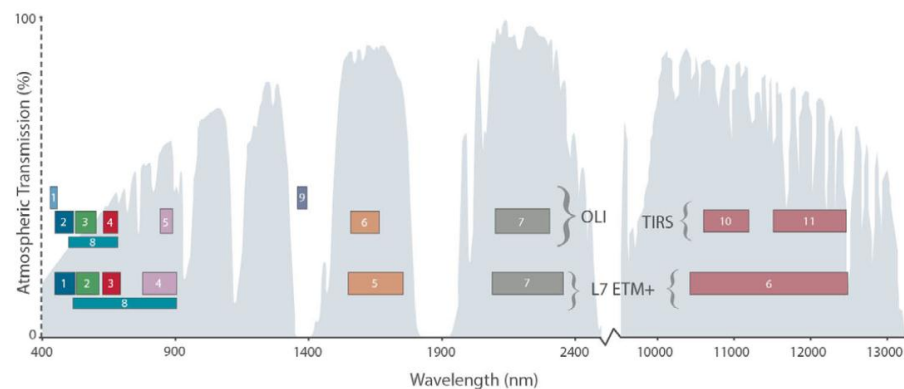
Menurut Hornby (1974, dalam Sutanto, 1995) citra adalah gambaran yang terekam oleh kamera atau oleh sensor lainnya. Citra merupakan salah satu jenis data hasil penginderaan jauh yang berupa data visual/gambar. Citra sering disebut dengan *image* atau *imagery*. Hasil penginderaan jauh selain citra misalnya adalah data digital atau data angka/numerik (Sutanto, 1995).

Benda yang terekam pada citra dapat dikenali berdasarkan ciri yang terekam oleh sensor. Tiga ciri yang terekam oleh sensor yaitu ciri spasial, ciri temporal, dan ciri spektral. Ciri spasial adalah ciri yang berkaitan dengan ruang (meliputi bentuk, ukuran, bayangan, pola, tekstur, situs, dan asosiasi). Ciri temporal adalah ciri yang terkait dengan umur benda atau waktu saat perekaman. Ciri spektral adalah ciri yang dihasilkan oleh tenaga elektromagnetik dengan benda yang dinyatakan dengan rona dan warna.

1.2.1.5 Citra Landsat 8

Landsat 8 ialah generasi terbaru dari misi Landsat yang diluncurkan pada 11 Februari 2013. Landsat 1 yang awalnya bernama *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS) 1 diluncurkan 23 Juli 1972 dan mulai beroperasi sampai 6 Januari 1978. Generasi penerusnya, Landsat 2 diluncurkan 22 Januari 1975 yang beroperasi sampai 27 Juli 1983. Landsat 3 diluncurkan 5 Maret 1978 berakhir 7 September 1983, sedangkan Landsat 4 diluncurkan 16 Juli 1982 dan dihentikan pada 15 Juni 2001. Landsat 5 diluncurkan 1 Maret 1984 tetapi mengalami gangguan berat sejak November 2011 kemudian dinonaktifkan oleh USGS pada tahun 2013. Berbeda dengan 5 generasi pendahulunya, Landsat 6 yang telah diluncurkan 5 Oktober 1993 gagal mencapai orbit. Sementara Landsat 7 yang diluncurkan April 15 Desember 1999 lalu, masih berfungsi hingga sekarang walaupun mengalami kerusakan sejak Mei 2003 (lihat Gambar 1.4).

Landsat 8 mempunyai kemampuan untuk merekam citra dengan resolusi spasial yang bervariasi. Variasi resolusi spasial mulai dari 15-100 meter serta dilengkapi oleh 11 saluran (*band*) dengan resolusi spektral yang bervariasi. Landsat 8 dilengkapi dua instrumen sensor yaitu OLI dan TIRS. Landsat 8 mampu mengumpulkan 400 *scenes* citra atau 150 kali lebih banyak dari Landsat 7 dalam satu hari perekamannya (lihat Tabel 1.3 dan Tabel 1.4 pada halaman 16).



Gambar 1.4 Perbandingan sensor pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8

Sumber: (USGS, 2013)

Tabel 1.3 Spesifikasi saluran-saluran yang terdapat pada Landsat 8

Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
Saluran 1 (Pesisir atau Aerosol)	0,43 – 0,45	30
Saluran 2 (Biru)	0,45 – 0,51	30
Saluran 3 (Hijau)	0,53 – 0,59	30
Saluran 4 (Merah)	0,64 – 0,67	30
Saluran 5 (Inframerah Dekat)	0,85 – 0,88	30
Saluran 6 (Inframerah Tengah 1)	1,57 – 1,65	30
Saluran 7 (Inframerah Tengah 2)	2,11 – 2,29	30
Saluran 8 (Pankromatik)	0,50 – 0,68	15
Saluran 9 (<i>Cirrus</i> / Awan)	1,36 – 1,38	30
Saluran 10 (Inframerah Termal 1)	10,60 -11,19	100
Saluran 11 (Inframerah Termal 2)	11,50 – 12,51	100

Sumber: (USGS, 2013)

Tabel 1.4 Parameter pemrosesan produk data standar citra Landsat 8

Jenis Produk	Level 1T (terkoreksi medan)
Jenis Data	16-bit <i>unsigned integer</i>
Format Data	GeoTIFF
Ukuran Piksel	15 m / 30 m / 100 m (pankromatik, multispektral, termal)
Sistem Proyeksi	UTM (<i>Polar Stereographic</i> untuk Antartika)
Datum	WGS 1984
Orientasi	<i>North-up</i> (utara-atas peta)
Resampling	<i>Cubic Convolution</i>
Akurasi	OLI: 12 m <i>circular error, 90% confidence</i> TIRS: 41 m <i>circular error, 90% confidence</i>

Sumber: (USGS, 2013)

Sensor utama dari Landsat 8 ialah *Operational Land Imager* (OLI) yang memiliki fungsi untuk mengumpulkan data di permukaan bumi dengan spesifikasi resolusi spasial dan spektral yang berkesinambungan dengan data Landsat sebelumnya. OLI didesain dalam sistem perekaman sensor *push-broom* dengan empat teleskop cermin, performa *signal-to-noise* yang lebih baik, dan penyimpanan dalam format kuantifikasi 12-bit. OLI merekam citra pada spektrum panjang gelombang tampak, inframerah dekat, dan inframerah tengah yang memiliki resolusi spasial 30 meter, serta saluran pankromatik yang memiliki resolusi spasial 15 meter. Dua saluran spektral baru ditambahkan dalam sensor OLI ini, yaitu saluran *deep-blue* untuk kajian perairan laut dan aerosol serta sebuah saluran untuk mendeteksi awan cirrus. Saluran *quality assurance* juga ditambahkan untuk mengindikasikan keberadaan bayangan medan, awan, dan lain-lain (USGS, 2013).

Thermal Infrared Sensor (TIRS) adalah sensor kedua yang tersemat dalam Landsat 8. TIRS berfungsi untuk mengindera suhu dan aplikasi lainnya, seperti pemodelan evapotranspirasi untuk memantau penggunaan air pada lahan teririgasi. TIRS merekam citra pada dua saluran inframerah termal dan didesain untuk beroperasi selama 3 tahun. Resolusi spasial yang dimiliki TIRS adalah 100 meter dan teregistrasi dengan sensor OLI sehingga menghasilkan citra yang terkalibrasi secara radiometrik dan geometrik serta terkoreksi medan dengan Level koreksi 1T dan disimpan dalam sistem 16-bit (USGS, 2013).

Citra Landsat 8 pada sensor TIRS mempunyai resolusi spasial 100 meter dan pada sensor OLI mempunyai resolusi spasial 30 meter. Estimasi suhu permukaan lahan menggunakan saluran inframerah termal sebagai *input band* utama sehingga kedetailannya mencapai 100 meter. Sensor OLI pada Landsat 8 cukup baik untuk mengidentifikasi NDVI dari saluran merah (*band 4*) dan saluran inframerah dekat (*band 5*). NDVI digunakan untuk menurunkan FVC dan LSE. LSE merupakan salah satu *input data* dalam perhitungan LST menggunakan rumus SWA. (Guntara, 2015)

Landsat 8 mempunyai tingkat keabuan (*Digital Number [DN]*) berkisar antara 0-4096. Tingkat keabuan tersebut jauh lebih besar daripada pada generasi Landsat sebelumnya yang berkisar antara 0-256. Kelebihan tersebut merupakan akibat dari peningkatan sensitivitas Landsat yang semula setiap piksel memiliki kuantifikasi 8-bit sekarang (pada Landsat 8) meningkat menjadi 12-bit. Peningkatan tersebut jelas akan lebih membedakan tampilan objek-objek di permukaan bumi sehingga tampilan lebih halus baik pada saluran pankromatik maupun multispektral serta dapat menurunkan kesalahan interpretasi. Pemanfaatan saluran-saluran pada citra Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 1.5 berikut:

Tabel 1.5 Pemanfaatan saluran-saluran pada Landsat 8

Saluran	Pemanfaatan
Saluran 1 (Pesisir atau Aerosol)	Observasi zona pesisir dan aerosol
Saluran 2 (Biru)	Pemetaan batimetri, membedakan antara tanah dan vegetasi, atau pohon semusim dan berdaun jarum
Saluran 3 (Hijau)	Analisis pantulan puncak vegetasi yang bermanfaat untuk menilai kekuatan tumbuhan
Saluran 4 (Merah)	Analisis perubahan vegetasi
Saluran 5 (Inframerah Dekat)	Analisis kandungan biomassa dan garis pantai
Saluran 6 (Inframerah Tengah 1)	Analisis kelembaban tanah dan vegetasi serta mampu menembus awan tipis
Saluran 7 (Inframerah Tengah 2)	Analisis kelembaban tanah dan vegetasi dengan lebih baik serta mampu menembus awan tipis
Saluran 8 (Pankromatik)	Menghasilkan citra multispektral yang lebih tajam
Saluran 9 (<i>Cirrus</i> / Awan)	Mendeteksi awan <i>cirrus</i> dan kontaminasinya
Saluran 10 (Inframerah Termal 1)	Pemetaan suhu, pemantauan titik api, estimasi kelembaban tanah, dan kajian malam hari
Saluran 11 (Inframerah Termal 2)	Pemetaan suhu, pemantauan titik api, estimasi kelembaban tanah, dan kajian malam hari

Sumber: (USGS, 2013)

Kelebihan dari Landsat 8 ialah akses data yang terbuka bebas dan gratis. Resolusi 30 m dan kuantifikasi 12-bit pada Landsat 8 akan memberikan banyak keuntungan dan informasi penting bagi pengguna. Tambahan pula, produk citra Landsat 8 ini bersifat *time series* tanpa *striping* (kelemahan Landsat 7 setelah tahun 2003). Penggabungan citra Landsat 8 dengan memanfaatkan citra-citra sebelumnya akan menghadirkan informasi-informasi yang kompleks dan berharga.

Data citra Landsat bisa dengan mudah diunduh gratis di *website* USGS (www.usgs.gov). Tidak hanya citra Landsat 8 tetapi tersedia pula edisi sebelumnya yaitu Landsat 7 atau Landsat 5 serta tersedia berbagai citra atau data lain yang keseluruhannya dapat diunduh secara gratis. Pengaturan untuk data yang akan diunduh juga bisa dilakukan di *website* tersebut agar dapat memperoleh data sesuai keinginan dan kebutuhan.

1.2.1.6 Inframerah Termal

Inframerah termal ialah gelombang elektromagnetik yang memanfaatkan pancaran suhu suatu benda. Semua benda memancarkan panas yang disebabkan oleh gerak acak partikelnya. Gerak acak ini menyebabkan geseran dan gesekan antara partikel benda yang menimbulkan peningkatan suhu sehingga permukaan benda itu memancarkan panasnya. Tenaga elektromagnetik yang dipancarkan oleh benda disebut tenaga pancaran yang besarnya diukur dengan watt.cm^{-2} . Geseran dan gesekan tersebut mengakibatkan energi kinetik.

Energi kinetik adalah energi gerakan acak molekul-molekul bahan yang menimbulkan panas. Gerakan ini berhenti pada nol mutlak (0 K atau -273°C). dengan menggunakan skala Kelvin, es mencair pada suhu 273 K dan air mendidih pada 373 K. Energi kinetik hanya dapat diukur secara kontak langsung dengan benda yang bersangkutan dan tidak dapat diukur dari jarak jauh. Sebaliknya, energi radian dapat diukur pada jarak jauh dengan alat-alat yang dapat mengukur panjang gelombang radiasi elektromagnetik pada daerah inframerah termal dalam suatu spektrum gelombang elektromagnetik.

Pemindahan panas oleh radiasi mempunyai perbedaan dengan pemindahan panas oleh konduksi dan konveksi yaitu dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dapat berjalan lewat suatu vakum, seperti dari matahari ke bumi. Suhu radian bahan-bahan lebih rendah daripada suhu kinetik yang disebabkan oleh sifat yang disebut pancaran (emisivitas). Penjelasan tentang emisivitas harus terlebih dahulu memperkenalkan konsep tentang *blackbody* (benda hitam).

Benda hitam yang dimaksud ialah suatu bahan teoritis yang menyerap semua energi radian yang mengenainya. Konsep *blackbody* merupakan suatu abstraksi yang teoritis karena benda yang demikian tidak ada dalam kenyataan.

Emisivitas adalah efisiensi radiasi permukaan objek. Oleh karena bahan-bahan yang berbeda memiliki emisivitas yang berbeda, distribusi emisi energi radian antara objek-objek yang berbeda tidak merupakan fungsi linear dari suhu kinetik permukaan. Jadi, perbedaan emisivitas antara bahan-bahan dapat sangat memengaruhi suhu permukaan yang tampak dan oleh sebab itu memengaruhi rona yang dihasilkan dari suatu gambar yang dibuat oleh termal *scanner*.

Dua buah objek pada dua suhu permukaan yang berbeda tetapi karena emisivitas suhu yang tampak adalah sama, maka objek tersebut tidak dapat dipisahkan pada citra termal. Sebaliknya, dua objek dengan suhu permukaan yang sama dapat dipisahkan jika emisivitasnya berbeda. Suatu emisivitas yang lebih rendah memberikan kenampakan suhu yang lebih rendah dan oleh sebab itu memberikan rona yang lebih gelap.

Semua benda di permukaan bumi memancarkan panas tetapi jumlah panas yang dipancarkan tidak sama bagi tiap benda. Jumlah panas yang dipancarkan oleh tiap benda dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu panjang gelombang yang digunakan untuk mengukur atau menginderanya, nilai kepancaran (emisivitas) benda, dan suhu permukaan benda.

Suhu pancaran yang berasal dari objek di permukaan bumi direkam oleh suatu sensor termal. Hasil rekaman tersebut bisa diproses

menjadi citra maupun noncitra. Citra yang dimaksud tersebut adalah citra inframerah termal yang berupa gambaran dua dimensi atau gambaran piktorial. Hasil noncitra berupa garis atau kurva spektral, satu angka, atau serangkaian angka yang mencerminkan suhu pancaran objek yang terekam oleh sensor termal. Sistem penginderaan jauh termal ini membuat perekaman data dapat dilakukan baik pada siang maupun malam hari. Perekaman harus dilakukan pada kondisi cuaca yang memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Keunggulan dari sistem penginderaan jauh saluran inframerah termal ini ialah menghasilkan citra yang mampu merekam wujud yang tidak tampak oleh mata sehingga menjadi gambaran yang cukup jelas. Beberapa keunggulan dari sistem penginderaan jauh saluran inframerah termal sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan data yang tidak mungkin dilakukan dengan penginderaan jauh fotografi dapat dilakukan dengan penginderaan jauh sistem termal karena perekamannya dapat dilakukan siang atau malam hari.
- 2) Dapat merekam wujud tak tampak oleh mata sehingga menjadi gambaran yang cukup jelas. Misalnya kebocoran pipa gas bawah tanah, kebakaran tambang batubara bawah tanah, dan titik panas yang pada umumnya merupakan titik lemah pada bangunan.
- 3) Dapat membedakan antara air panas dan air dingin ataupun perbedaan suhu permukaan lahan (*land surface temperature*) yang biasanya digunakan dalam pemanfaatan lingkungan.

Kelemahan citra inframerah termal terletak pada aspek geometrinya yang penyimpangannya lebih besar dari penyimpangan pada foto udara. Selain itu, citra inframerah termal cenderung sulit untuk diinterpretasi objeknya karena sifat termal yang lebih rumit dari pantulan objek serta resolusi spasialnya yang lebih rendah daripada citra multispektral pada umumnya.

1.2.2 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terkait *Urban Heat Island* (UHI) pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian sebelumnya digunakan sebagai referensi dan pembandingan untuk penelitian yang saat ini dilakukan. Adapun hasil dari beberapa penelitian sebelumnya secara garis besar sebagai berikut:

- 1) M. Rokhis Khomarudin (2004) menghasilkan penelitian berupa efek *heat island* dan konsep neraca energi dalam mendeteksi *heat island*.
- 2) Widodo Brontowiyono, et al (2011) menghasilkan penelitian berupa zonasi prioritas RTH perkotaan Yogyakarta berdasarkan tutupan vegetasi dan kepadatan penduduk untuk mitigasi UHI.
- 3) Nurul Ihsan Fawzi dan Nifsu Naharil M. (2013) menghasilkan penelitian berupa analisis UHI di Kota Yogyakarta dan analisis tutupan lahan terhadap suhu permukaan.
- 4) Sukei Wicahyani, et al (2013) menghasilkan penelitian berupa analisis persebaran suhu permukaan lahan dan penutup lahan dan analisis hubungan penutup lahan dengan distribusi suhu di Kota Yogyakarta.
- 5) Siti Badriyah Rushayati, et al (2013) menghasilkan penelitian berupa analisis perubahan lahan, analisis perbedaan suhu permukaan lahan, dan strategi mitigasi dan adaptasi efek UHI.
- 6) Laras Tursilowati (2015) menghasilkan penelitian berupa analisis perubahan iklim berdasar hubungan UHI, penutup lahan, dan pemanasan global.
- 7) Retnadi Heru Jatmiko (2015) menghasilkan penelitian berupa analisis suhu permukaan lahan, analisis NDVI, analisis penggunaan lahan, analisis indeks perkotaan, dan analisis *urban heat island*.

Persamaan penelitian yang saat ini dilakukan dengan penelitian sebelumnya adalah penggunaan citra penginderaan jauh untuk mengekstraksi LST. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya adalah LST diekstraksi dengan algoritma SWA dan UHI disajikan dalam tiga periode waktu berseri (*time series*). Ada beberapa perbandingan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang saat ini dilakukan (lihat Tabel 1.6 pada halaman 23).

Tabel 1.6 Penelitian Sebelumnya

No.	Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1.	M. Rokhis Khomarudin (2004)	Mendeteksi Pulau Panas (<i>Heat Island</i>) dengan Data Satelit Penginderaan Jauh	Mendeteksi dan menganalisis pengaruh <i>heat island</i> terhadap kehidupan	Pemrosesan digital suhu permukaan (1), Klasifikasi penggunaan lahan (2)	Efek <i>heat island</i> (1), Konsep neraca energi dalam mendeteksi <i>heat island</i> (2)
2.	Widodo Brontowiyono, et al (2011)	<i>UHI Mitigation by Green Open Space (GOS) Canopy Improvement: A Case Of Yogyakarta Urban Area (YUA), Indonesia</i>	Mengidentifikasi zona prioritas ruang terbuka hijau (RTH) untuk mitigasi UHI di Perkotaan Yogyakarta	Pemetaan temperatur perkotaan Yogyakarta pada siang hari (1), Pemetaan keberadaan RTH terkini perkotaan Yogyakarta (2)	Zonasi prioritas RTH perkotaan Yogyakarta berdasarkan tutupan vegetasi dan kepadatan penduduk
3.	Nurul Ihsan Fawzi dan Nifsu Naharil M. (2013)	Kajian UHI di Kota Yogyakarta - Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan	Menganalisis hubungan tutupan lahan dengan suhu permukaan terhadap fenomena UHI	Ekstraksi suhu permukaan metode Planck (1), Klasifikasi tutupan lahan (<i>maximum likelihood</i>)	Analisis UHI di Kota Yogyakarta (1), Analisis Tutupan Lahan terhadap Suhu Permukaan (2)

4.	Sukei Wicahyani, et al (2013)	Pulau Bahang Kota (<i>Urban Heat Island</i>) di Yogyakarta Hasil Interpretasi Citra Landsat TM Tanggal 28 Mei 2012	Mengetahui keberadaan pulau bahang kota, kisaran suhu, dan faktor yang berpengaruh terhadap keberadaan pulau bahang kota	Ekstraksi suhu permukaan lahan dari Citra Landsat TM (1), Analisis statistik kuantitatif pada data pendukung dengan SPSS (2)	Analisis persebaran suhu permukaan lahan dan penutup lahan (1), Analisis hubungan penutup lahan dengan distribusi suhu di Yogyakarta (2)
5.	Siti Badriyah Rushayati, et al (2013)	Mitigasi dan Adaptasi Pemanasan Udara Akibat Efek Pulau Bahang di Perkotaan DKI Jakarta	Menentukan langkah mitigasi dan adaptasi terhadap pemanasan udara akibat pulau bahang di perkotaan	Pemetaan spasial tutupan lahan (1), Pemetaan spasial distribusi suhu permukaan (2)	Analisis perubahan lahan (1), Analisis perbedaan suhu permukaan lahan (2), Strategi mitigasi dan adaptasi efek UHI (3)
6.	Laras Tursilowati (2015)	<i>Urban Heat Island</i> dan Kontribusinya pada Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan	Memetakan UHI dan perubahan lahan (1), Mengkaji kontribusi UHI pada perubahan iklim (2)	Pemetaan suhu permukaan lahan dan klasifikasi lahan secara spasio-temporal di beberapa kota besar	Analisis perubahan iklim berdasar hubungan UHI, penutup lahan, dan pemanasan global

7.	Retnadi Heru Jatmiko (2015)	Penggunaan Citra Saluran Inframerah Termal untuk Studi Perubahan Liputan Lahan dan Suhu sebagai Indikator Perubahan Iklim Perkotaan di DIY	Mengkaji pengaruh perubahan penutup lahan terhadap variasi perubahan LST di Yogyakarta (1), Menentukan indikator dari dinamika LST di perkotaan DIY(2)	Ekstraksi suhu permukaan lahan (1), Klasifikasi <i>supervised</i> penggunaan lahan (2), Transformasi indeks perkotaan (3), Transformasi <i>urban heat island</i> (4)	Analisis suhu permukaan lahan (1), Analisis NDVI (2), Analisis penggunaan lahan (3), Analisis indeks perkotaan (4), Analisis <i>urban heat island</i> (5)
8.	Ilham Guntara (2016)*	Analisis <i>Urban Heat Island</i> untuk Pengendalian Pemanasan Global di Kota Yogyakarta Menggunakan Citra Penginderaan Jauh	Memetakan persebaran spasial LST dan UHI (1), Menganalisis pengendalian pemanasan global berdasarkan UHI di Kota Yogyakarta (2)	Ekstraksi LST dari citra penginderaan jauh dengan algoritma SWA (1), Penyusunan UHI (2), Analisis UHI terhadap pemanasan global (3)	Peta LST dan UHI <i>spatio-temporal</i> (1), Analisis UHI untuk pengendalian dan mitigasi pemanasan global di Kota Yogyakarta (2)

Sumber: (Pengolahan Data, 2016)

* Penelitian sedang berlangsung

1.2.3 Kerangka Penelitian

Perkembangan kota dari waktu ke waktu mengakibatkan terjadinya fenomena *Urban Heat Island* (UHI). UHI ialah fenomena perbedaan suhu pada daerah perkotaan dan daerah perdesaan di sekitarnya. Gejala UHI merupakan salah satu faktor penyebab perubahan iklim khususnya pemanasan global. Pemanasan global diperkirakan akan mengakibatkan perubahan iklim seperti naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Pendekatan penginderaan jauh dapat digunakan untuk menghasilkan peta UHI dengan pemrosesan citra digital untuk mengekstraksi *Land Surface Temperature* (LST).

Berdasarkan berbagai penelitian sebelumnya terkait kajian UHI, data LST dapat diperoleh dari citra satelit penginderaan jauh khususnya yang memiliki saluran inframerah termal. Citra satelit penginderaan jauh yang dapat digunakan adalah citra Landsat 8 karena memiliki kualitas resolusi yang baik dan bebas untuk diakses (gratis). Metode ekstraksi LST yang akurat berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya adalah *Split Window Algorithm* (SWA). Peta UHI disusun berdasarkan perbedaan nilai LST daerah perkotaan dengan daerah perdesaan di sekitarnya.

Peta UHI menunjukkan persebaran spasial nilai UHI dalam wilayah kajian. Keunikan dari penelitian ini adalah LST diekstraksi dengan algoritma SWA. Selain itu, peta UHI disajikan dalam tiga periode waktu berseri (*time series*) pada musim yang sama (musim kemarau). Jadi, memungkinkan dilakukan analisis secara *spatio-temporal* yang lebih akurat dan relevan sesuai kondisi wilayah kajian.

Penelitian ini juga akan menghasilkan berbagai rekomendasi terkait pengendalian dan mitigasi pemanasan global di Kota Yogyakarta. Perumusan rekomendasi disusun berdasarkan analisis terhadap persebaran UHI dan hasil survei observasi lapangan pasca pengolahan data di Kota Yogyakarta. Persebaran UHI diperoleh dari hasil pemrosesan digital citra penginderaan jauh sedangkan observasi lapangan dilakukan terhadap faktor-faktor yang memengaruhi fenomena UHI, seperti jenis tutupan permukaan lahan, pemanfaatan dan peruntukan lahan, jenis atap dan jumlah lantai bangunan gambaran dan jenis vegetasi, serta kondisi ruang terbuka hijau (RTH).

1.3 Metode Penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan metode, meliputi metode pengambilan sampel, metode pengumpulan data, instrumen penelitian, metode pengolahan data, dan metode analisis data (lihat Gambar 1.5 pada halaman 39). Metode pengambilan sampel berisi serangkaian kegiatan untuk menentukan teknik pengambilan sampel di lapangan. Metode pengumpulan data berisi serangkaian kegiatan untuk memperoleh dan mengumpulkan data dalam penelitian termasuk jenis-jenis data yang digunakan. Instrumen penelitian berisi alat, perangkat, dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Metode pengolahan data berisi serangkaian kegiatan yang menjelaskan tahapan teknik pengolahan dan penyajian data. Metode analisis data berisi serangkaian kegiatan teknik analisis data yang digunakan untuk menjawab pertanyaan atau permasalahan penelitian.

1.3.1 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling* (sampel purposif). Sampel purposif adalah sampel yang dipilih secara cermat dengan mengambil objek penelitian yang selektif dan mempunyai ciri-ciri yang spesifik. Sampel yang diambil memiliki ciri-ciri yang khusus dari populasi sehingga dapat dianggap cukup representatif. Ciri-ciri maupun strata khusus tersebut sangat tergantung dari keinginan peneliti (Tika, 2005).

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan pasca pengolahan data. Hal tersebut disebabkan citra penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini memiliki waktu kajian yang telah berlalu. Hasil ekstraksi dari citra penginderaan jauh tersebut berupa data LST yang digunakan untuk menyusun peta UHI. Data LST bersifat sangat dinamis mengikuti kondisi cuaca dan keadaan meteorologis sehingga tidak relevan apabila dilakukan pengambilan sampel pada data LST di lapangan secara *real time*. Oleh karena itu, pengambilan sampel dilakukan dengan cara observasi terhadap faktor-faktor yang memengaruhi fenomena UHI.

Hasil pengolahan data berupa data UHI digolongkan menjadi lima kelas secara kuantitatif. Berhubung ada tiga data UHI dalam tiga periode waktu yang berbeda maka dilakukan tumpang susun (*overlay*) untuk menemukan kelas-kelas

yang tidak mengalami perubahan nilai UHI selama tiga periode waktu tersebut. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap kelas hasil *overlay* tersebut.

Jumlah sampel yang diambil di lapangan sebanyak 30 sampel. Jumlah sampel per kelas dihitung berdasarkan persentase luas setiap kelas terhadap luas keseluruhan kelas secara kualitatif. Penentuan sampel di lapangan dilakukan secara purposif berdasarkan jumlah sampel per kelas dengan mempertimbangkan keterjangkauan atau aksesibilitas untuk menuju ke lokasi sampel tersebut. Pengambilan sampel bertujuan untuk uji validasi data di lapangan berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya sehingga bisa digunakan untuk mendukung akurasi dari analisis penelitian yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah penelitian ini.

1.3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data meliputi tahap persiapan data, tahap pengumpulan data primer, dan tahap pengumpulan data sekunder. Rincian dari tiga tahapan tersebut sebagai berikut:

1.3.2.1 Tahap Persiapan Data

Tahap persiapan yang dilakukan meliputi studi pustaka terhadap berbagai literatur dan sumber referensi yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Penentuan jenis data yang digunakan dalam penelitian ini dipersiapkan bersamaan dengan metode yang dipakai serta peralatan dan bahan yang dibutuhkan. Tahap persiapan ini juga meliputi pengumpulan data yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dari hasil survei lapangan dan data sekunder yang didapatkan dan diolah oleh instansi terkait serta sumber referensi terpercaya.

1.3.2.2 Tahap Pengumpulan Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari responden atau objek yang diteliti. Data primer diambil dari sampel yang sudah ditentukan sebelumnya pada metode pengumpulan sampel. Pengumpulan data primer pada penelitian ini menggunakan metode observasi langsung di lapangan.

Observasi adalah teknik pengumpulan data dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang ada pada objek penelitian. Observasi langsung dilakukan terhadap objek di tempat kejadian atau tempat berlangsungnya peristiwa sehingga peneliti berada bersama objek yang diteliti (Tika, 2005).

Observasi lapangan pada penelitian ini dilakukan secara kualitatif dengan mengamati dan mencatat gejala atau fenomena yang terjadi pada faktor-faktor atau objek-objek fisik yang memengaruhi fenomena UHI. Observasi dilakukan pada setiap titik sampel yang telah ditentukan dengan luas pengamatan setiap titik sampel adalah 45x45 meter mengacu pada 1,5 kali ukuran resolusi spasial citra LST hasil ekstraksi dari citra Landsat 8. Hal-hal yang perlu diobservasi pada penelitian ini sebagai berikut:

1) Jenis tutupan lahan

Tutupan lahan adalah objek yang secara umum menutupi suatu luasan permukaan lahan. Jenis tutupan lahan bersifat umum, misalnya lahan terbuka, vegetasi, bangunan, dan lahan pertanian.

2) Pemanfaatan dan peruntukan lahan

Pemanfaatan dan peruntukan lahan diidentifikasi berdasarkan tutupan lahan. Jenis pemanfaatan dan peruntukan lahan bersifat khusus (spesifik dan detail). Tutupan lahan berupa lahan terbuka dapat memiliki berbagai jenis pemanfaatan dan peruntukan lahan, misalnya alun-alun, lapangan, tanah kosong, dan pekarangan. Begitu pula dengan jenis tutupan lahan lainnya juga memiliki berbagai jenis pemanfaatan dan peruntukan lahan yang berbeda-beda.

3) Jenis atap dan jumlah lantai (jika bangunan)

Jenis atap dan jumlah lantai hanya berlaku untuk jenis tutupan lahan berupa bangunan. Jenis atap adalah material yang menutupi atap bangunan, seperti genteng, seng, asbes, dan beton. Jumlah lantai suatu bangunan dihitung di atas permukaan tanah.

4) Gambaran dan jenis vegetasi

Gambaran dan jenis vegetasi mendeskripsikan keadaan vegetasi yang ada pada suatu luasan yang diobservasi. Keadaan vegetasi dapat berupa ukuran vegetasi, jenis vegetasi, dan jenis kanopi.

5) Kondisi Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Kondisi ruang terbuka hijau (RTH) mendeskripsikan keadaan RTH yang ada pada suatu luasan yang diobservasi. Keadaan RTH dapat berupa tingkat keberadaan vegetasi pada area tersebut,

1.3.2.3 Tahap Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang terlebih dahulu dikumpulkan, diolah, dan dilaporkan oleh orang atau instansi di luar penelitian ini. Ada dua data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- 1) Data digital citra Landsat 8 OLI dan TIRS *path* 120 *row* 65 terkoreksi geometrik level 1T, sumber dari *website* resmi USGS Amerika Serikat (www.usgs.gov), liputan sebagian Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta, terdapat tiga data citra dengan periode waktu perekaman yang berbeda. Pemilihan tiga data citra tersebut didasarkan pada kesamaan musim yaitu musim kemarau (April-September) sehingga intensitas penyinaran matahari akan optimal sepanjang hari dan juga posisi semu matahari yang sama-sama berada relatif di utara khatulistiwa. Selain itu telah dilakukan penyortiran terlebih dahulu terhadap data citra yang bebas awan pada wilayah kajian. Hal-hal tersebut berpengaruh terhadap hasil ekstraksi LST pada wilayah kajian. Tiga data citra yang digunakan tersebut yaitu:
 - a. Citra Landsat 8 waktu perekaman 12 September 2013 (GMT 2.30)
 - b. Citra Landsat 8 waktu perekaman 30 Agustus 2014 (GMT 2.30)
 - c. Citra Landsat 8 waktu perekaman 18 September 2015 (GMT 2.30)
- 2) Data digital *shapefile* (.shp) peta dasar Daerah Istimewa Yogyakarta, sumber dari Peta Rupabumi Indonesia tahun 2004 skala 1:25.000 oleh BIG (Badan Informasi Geospasial).

1.3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian meliputi alat, perangkat, dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1.3.3.1 Alat

Alat-alat dan perangkat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Seperangkat Laptop lengkap dengan sistem operasi Windows 10
- 2) Perangkat lunak ArcGIS 10.2
- 3) Perangkat lunak Microsoft Office 2016
- 4) Peralatan tulis dan kantor
- 5) Kamera digital
- 6) *Smartphone* dengan GPS
- 7) Tabel observasi lapangan

1.3.3.2 Bahan

- 1) Data digital citra penginderaan jauh Landsat 8 *path* 120 *row* 65 terkoreksi geometrik level 1T, liputan sebagian Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta, dalam tiga periode waktu perekaman yang berbeda, yaitu 12 September 2013, 30 Agustus 2014, dan 18 September 2015 pukul 09.30 WIB (GMT 2.30).
- 2) Data digital *shapefile* (.shp) peta dasar Daerah Istimewa Yogyakarta, sumber dari Peta Rupabumi Indonesia tahun 2004 skala 1:25.000.

1.3.4 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap pemrosesan citra digital dan tahap penyajian data. Berikut tahap-tahap pengolahan data:

1.3.4.1 Tahap Pemrosesan Citra Digital

Tahap pemrosesan citra digital meliputi pemotongan (*masking*) citra Landsat 8 sesuai wilayah kajian yaitu Kota Yogyakarta dan sekitarnya, proses mengestimasi LST di Kota Yogyakarta dan sekitarnya dari citra Landsat 8 dengan algoritma SWA menggunakan *software* ARCGIS 10.2 pada laptop, dan perolehan data UHI berdasarkan data LST. Berikut langkah-langkah pemrosesan citra digital:

1) Pemotongan Citra

Pemotongan citra Landsat 8 sesuai wilayah kajian dilakukan pada ARCGIS 10.2. Citra Landsat 8 (*path* 120 dan *row* 65) *band* 4, 5, 10, dan 11 waktu perekaman perekaman 12 September 2013, 30 Agustus 2014, dan 18 September 2015 dimasukkan terlebih dahulu ke ARCGIS 10.2 bersama data *shapefile* (.shp) peta administrasi Kota Yogyakarta dan sekitarnya.

2) Koreksi Radiometrik: Perhitungan TOA *Spectral Radiance*

Data *band* 10 dan *band* 11 serta *band* 4 dan *band* 5 dikonversi dari citra mentah (*raw image*) atau nilai DN (*digital number*) ke nilai TOA *Spectral Radiance* menggunakan *radiance rescaling factors* dalam file metadata Landsat 8 (lihat Tabel 1.4). Konversi tersebut merupakan proses koreksi radiometrik yang bertujuan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer terhadap suhu absolut karena objek sebenarnya berada di permukaan bumi, sedangkan sensor satelit berada di luar angkasa. Formula perhitungan tersebut sebagai berikut (USGS, 2013):

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Keterangan:

L_{λ} : TOA *spectral radiance* (Watts/(m² * srad * μm))

M_L : *Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata* (RADIANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number)

A_L : *Band-specific additive rescaling factor from the metadata* (RADIANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number)

Q_{cal} : *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN)

3) Perhitungan *Brightness Temperature*

Brightness Temperature (TB) menghasilkan dua nilai yaitu TB₁₀ (*band* 10) dan TB₁₁ (*band* 11). *Band* 10 dan *band* 11 yang sudah menjadi nilai TOA *Spectral Radiance* kemudian dikonversi ke nilai *Brightness Temperature* menggunakan konstanta termal yang disediakan dalam file metadata Landsat 8 (lihat Tabel 1.7 pada halaman 33) dengan formula sebagai berikut (USGS, 2013):

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

Keterangan:

TB : At-satellite brightness temperature (K)

L_λ : TOA spectral radiance (Watts / (m² * srad * μm))

K₁ : Band-specific thermal conversion constant from the metadata (K1_CONSTANT_BAND_x, where x is the band number)

K₂ : Band-specific thermal conversion constant from the metadata (K2_CONSTANT_BAND_x, where x is the band number)

Tabel 1.7 Nilai radian dan konstanta termal band pada Landsat 8

Keterangan	<i>Band</i> 10	<i>Band</i> 11
<i>Radiance Multiplier</i>	0,0003342	0,0003342
<i>Radiance Add</i>	0,1	0,1
K1	774,89	480,89
K2	1321,08	1201,14

Sumber: (Rajeshwari & Mani, 2014)

4) Perhitungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Nilai NDVI dapat diestimasi menggunakan sensor OLI pada citra Landsat 8. NDVI berfungsi untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi yang menyusun suatu area. *Band 4* (merah) dan *band 5* (inframerah dekat) digunakan untuk memperoleh nilai NDVI dengan formula sebagai berikut (Latif, 2014):

$$NDVI = \frac{Band\ 5 - Band\ 4}{Band\ 5 + Band\ 4} \quad (3)$$

Keterangan:

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

Band 4 : Saluran merah pada Landsat 8

Band 5 : Saluran inframerah dekat pada Landsat 8

5) Perhitungan *Fractional Vegetation Cover* (FVC)

Nilai FVC dapat diestimasi menggunakan nilai NDVI yang sebelumnya telah diperoleh serta nilai $NDVI_{soil}$ (tanah) dan nilai $NDVI_{veg}$ (vegetasi). FVC berfungsi untuk mengestimasi besaran fraksi dari suatu area yang tertutup vegetasi dengan formula sebagai berikut (Latif, 2014):

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (4)$$

Keterangan:

FVC : *Fractional Vegetation Cover*

NDVI : Nilai NDVI yang sebelumnya telah diperoleh

$NDVI_{soil}$: Nilai NDVI untuk tanah = 0,2 (Latif, 2014)

$NDVI_{veg}$: Nilai NDVI untuk vegetasi = nilai terbesar NDVI

6) Perhitungan *Land Surface Emissivity* (LSE)

Nilai LSE dapat diestimasi menggunakan nilai FVC hasil perhitungan sebelumnya. LSE berfungsi untuk mengukur karakteristik yang melekat pada permukaan bumi dan mengukur kemampuannya untuk mengubah energi termal atau panas menjadi energi radiasi. Estimasi LSE membutuhkan nilai emisivitas tanah dan nilai emisivitas vegetasi dari kedua TIRS *band* (*band* 10 dan *band* 11) dengan formula sebagai berikut (Latif, 2014):

$$LSE = \varepsilon_s * (1-FVC) + \varepsilon_v * FVC \quad (5)$$

Keterangan:

LSE : *Land Surface Emissivity*

FVC : Nilai FVC yang sebelumnya telah diperoleh

ε_s : Emisivitas tanah *band* 10 dan 11 (lihat Tabel 1.8)

ε_v : Emisivitas vegetasi *band* 10 dan 11 (lihat Tabel 1.8)

Tabel 1.8 Nilai emisivitas TIRS *band* pada Landsat 8

Emisivitas	<i>Band</i> 10	<i>Band</i> 11
ε_s	0,971	0,977
ε_v	0,987	0,989

Sumber: (Rajeshwari & Mani, 2014)

7) Perhitungan Kombinasi LSE *Band* 10 dan LSE *Band* 11

Kombinasi LSE *band* 10 dan LSE *band* 11 menghasilkan dua nilai yaitu *mean of* LSE atau nilai rata-rata LSE (*m*) dan *difference of* LSE atau nilai selisih LSE (Δm) dengan formula sebagai berikut (Latif, 2014):

$$m = \frac{LSE \text{ band } 10 + LSE \text{ band } 11}{2} \quad (6)$$

$$\Delta m = LSE \text{ band } 10 - LSE \text{ band } 11 \quad (7)$$

Keterangan:

m : mean of LSE / nilai rata-rata LSE

Δm : difference of LSE / nilai selisih LSE

$LSE\ band\ 10$: Nilai LSE *band* 10 yang sebelumnya telah diperoleh

$LSE\ band\ 11$: Nilai LSE *band* 11 yang sebelumnya telah diperoleh

8) Perhitungan *Land Surface Temperature* (LST)

LST dihitung dengan menerapkan algoritma matematika terstruktur yaitu *Split Window Algorithm* (SWA). Algoritma tersebut menggunakan nilai *brightness temperature* dari dua *band* pada sensor TIRS citra Landsat 8, nilai rata-rata dan nilai selisih LSE (*land surface emissivity*) untuk memperkirakan LST di Kota Yogyakarta dan sekitarnya. Berikut formula SWA yang dicetuskan Sobrino pada tahun 1996 dan tahun 2008 (Rajeshwari & Mani, 2014):

$$LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4 W)(1 - m) + (C_5 + C_6 W)\Delta m \quad (8)$$

Keterangan:

LST : *Land Surface Temperature* (K)

$C_0 - C_6$: *Split Window Coefficient* (lihat Tabel 1.9 pada halaman 36)

TB_{10-11} : nilai *Brightness Temperature* (K) *band* 10 dan *band* 11

m : rata-rata nilai LSE *band* 10 dan *band* 11

W : *Atmospheric Water Vapour Content* = 0,013 (Latif, 2014)

Δm : selisih nilai LSE *band* 10 dan *band* 11

Tabel 1.9 *Split Window Coefficient*

<i>Constant</i>	<i>Value</i>
C0	-0,268
C1	1,378
C2	0,183
C3	54,300
C4	-2,238
C5	-129,200
C6	16,400

Sumber: (Rajeshwari & Mani, 2014)

Split Window Coefficient didapatkan dengan perhitungan statistik dari simulasi *database* yang lengkap. Simulasi dilakukan dengan berbagai spektral citra yang memiliki saluran inframerah termal pada berbagai sudut penyinaran yang berbeda, seperti citra ASTER, MODIS, dan Landsat (Jiménez-Muñoz & Sobrino, 2008).

Hasil estimasi LST memiliki satuan unit yaitu kelvin. Agar bisa diklasifikasikan dan diproses secara lebih baik, maka dilakukan konversi satuan unit suhu dari kelvin ke celcius dengan cara mengurangi setiap hasil perhitungan tersebut dengan nilai 273,15.

9) Perhitungan *Urban Heat Island* (UHI)

UHI dapat diekstraksi dari citra penginderaan jauh dengan menurunkan data LST. Peta UHI dapat dihasilkan dengan memodifikasi persamaan yang disampaikan oleh Rajasekar & Weng (2009) dan memasukan persamaan yang disampaikan oleh Ma, et al (2010) sebagai berikut (Jatmiko, 2015):

$$UHI = T_{mean} - (\mu + 0,5 \alpha) \quad (9)$$

Keterangan:

UHI : *Urban Heat Island*

T_{mean} : *Land Surface Temperature* (°C)

μ : nilai rerata *Land Surface Temperature* (°C)

α : nilai standar deviasi *Land Surface Temperature* (°C)

Hasil yang didapatkan pada persamaan tersebut akan menghasilkan peta UHI. Berdasarkan statistik akan diketahui nilai maksimal dan minimal. Secara spasial juga akan dilihat aglomerasi serta persebaran nilai LST yang membentuk UHI pada wilayah kajian.

1.3.4.2 Tahap Penyajian Data

Tahap ini meliputi penyajian data hasil perhitungan LST dan UHI dalam tiga periode waktu yang berbeda. Data tersebut disajikan dalam berbagai bentuk grafis (gambar atau peta) maupun diagram (tabel atau grafik). Tahapan penyajian data tersebut sebagai berikut:

1) Klasifikasi LST dan UHI

Data LST dan data UHI dari hasil pengolahan data diklasifikasikan secara kuantitatif agar mudah dibaca, dipahami, dan direpresentasikan pada peta. Kedua data tersebut diklasifikasikan menjadi lima kelas berdasarkan perbandingan nilai terendah dan nilai tertinggi. Berhubung setiap data LST dan data UHI memiliki tiga data dengan waktu perekaman yang berbeda maka klasifikasi mengacu pada hasil pengolahan data yang terbaru.

2) Penyajian Diagram

Penyajian data hasil penelitian dalam bentuk diagram sangat membantu pembaca untuk memahami informasi yang ditampilkan. Diagram juga dapat digunakan untuk membandingkan dua data atau lebih secara bersamaan. Diagram yang disajikan dapat berupa diagram grafik maupun diagram berupa tabel sederhana.

3) *Layouting* Peta

Layouting peta sangat penting dilakukan untuk memperindah tampilan peta dan membuat peta semakin informatif sehingga berbagai data yang tersaji dalam peta dapat dipahami dengan mudah oleh para pembaca. *Layouting* menampilkan informasi yang harus ada pada peta sesuai kaidah kartografi seperti judul peta, arah utara, skala sistem proyeksi, sumber, legenda, dan juga grid koordinat.

1.3.5 Metode Analisis Data

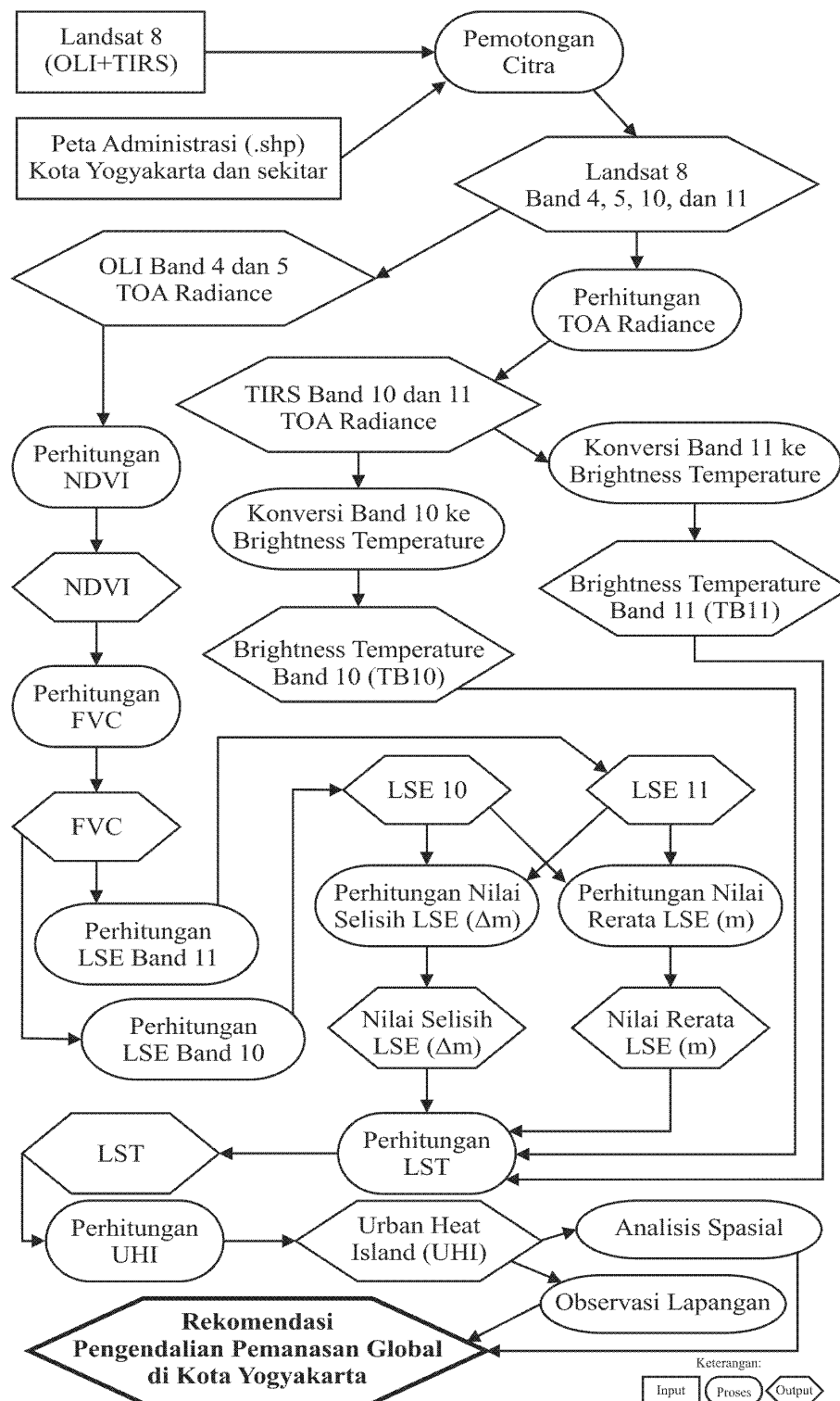
Analisis data dilakukan pada data hasil penelitian untuk memecahkan masalah penelitian. Hasil penelitian berupa peta *Land Surface Temperature* (LST) dan *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Yogyakarta dan sekitarnya dalam tiga periode waktu berseri (*time series*) pada musim yang sama (musim kemarau) yaitu 12 September 2013, 30 Agustus 2014, dan 18 September 2015. Ada dua metode analisis data yang digunakan sebagai berikut:

1) Analisis Deskriptif Spasial

Analisis spasial ialah suatu teknik atau proses yang melibatkan sejumlah fungsi hitungan dan evaluasi logika matematis yang dilakukan terhadap data spasial dalam rangka untuk mendapatkan ekstraksi, nilai tambah, atau informasi baru yang juga beraspek spasial. Analisis deskriptif spasial dilakukan untuk menjabarkan informasi persebaran spasial LST dan UHI di Kota Yogyakarta dan sekitarnya pada tiga periode waktu.

2) Analisis Deskriptif Kualitatif

Analisis kualitatif adalah suatu teknik yang dilakukan dengan jalan bekerja melalui data, mengorganisasikan data, memilihnya menjadi satuan yang dapat dikelola, menyintesis, mencari dan menemukan pola, menemukan apa yang penting dan apa yang dipelajari serta memutuskan apa yang dapat disampaikan. Analisis deskriptif kualitatif dilakukan berdasarkan analisis persebaran spasial pada peta UHI di Kota Yogyakarta dalam tiga periode waktu dan hasil observasi lapangan pasca pengolahan data pada titik-titik sampel penelitian beserta teori-teori terkait suhu permukaan lahan dan perubahan iklim khususnya pemanasan global. Analisis tersebut digunakan untuk merumuskan solusi atau rekomendasi terkait pengendalian dan mitigasi pemanasan global di Kota Yogyakarta.



Gambar 1.5 Diagram Alir Penelitian

Sumber: (Pengolahan Data, 2016)

1.4 Batasan Penelitian

Urban Heat Island (UHI) atau pulau bahang (panas) perkotaan adalah isotherm tertutup yang menunjukkan daerah permukaan yang relatif hangat, paling sering daerah yang paling sering dikaitkan aktivitas manusia seperti pada pembangunan kota (American Meteorological Society, 2000).

Land Surface Temperature (LST) atau suhu permukaan lahan adalah keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah (Becker & Li, 1990).

Split Window Algorithm (SWA) adalah formula matematika dinamis yang mampu menyajikan informasi suhu permukaan lahan melalui nilai *brightness temperature* yang dihitung dari *band* 10 dan *band* 11 pada sensor TIRS citra Landsat 8 serta nilai LSE (*land surface emissivity*) yang dihitung dari *band* 4 dan *band* 5 pada sensor OLI citra Landsat 8. (Latif, 2014).

Penginderaan jauh ialah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek, daerah, atau gejala yang dikaji (Lillesand & Kiefer, 1990).

Citra Landsat 8 adalah citra satelit penginderaan jauh untuk sumberdaya bumi yang diluncurkan oleh NASA dan USGS serta dapat diakses secara bebas dan gratis.

Inframerah termal adalah gelombang elektromagnetik yang memanfaatkan pancaran suhu suatu benda yang dipengaruhi oleh suhu permukaan benda dan emisivitas benda.